

## d4PDFと陸面過程モデルを用いた三陸地方における 極端な土壌乾燥の将来変化予測

著者	峠 嘉哉, Grace Puyang Emang, 風間 聡
雑誌名	水工学論文集 = Annual journal of hydraulic engineering, JSCE
巻	75
号	2
ページ	I_1057-I_1062
発行年	2019-11
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/00130918">http://hdl.handle.net/10097/00130918</a>

doi: 10.2208/jscejhe.75.2\_I\_1057

# d4PDF と陸面過程モデルを用いた三陸地方における極端な土壤乾燥の将来変化予測

峠 嘉哉<sup>1</sup>・Grace Puyang Emang<sup>2</sup>・風間聡<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 正会員 東北大学助教 工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: yoshiya.touge.a6@tohoku.ac.jp

<sup>2</sup> 学生会員 東北大学 工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: grace.puyang.emang.r2@dc.tohoku.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 東北大学教授 工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: so.kazama.d3@tohoku.ac.jp

大規模林野火災等のような極端な乾燥害について、気候変動の影響評価が必要である。本研究では土壤乾燥に着目し、林野火災が多い三陸地方を対象として d4PDF を入力条件とした陸面過程モデルによる大規模アンサンブル解析によって極端な土壤乾燥への気候変動影響とその乾燥要因を検討した。

その結果、冬季降水量の変化は小さいものの、連続乾燥化日数は少雨の影響を除いた場合に 60 日以上続く年が大幅に増加したことに加え、土壤水分量日変化量が多雪地帯の冬季に大きく変化した。最低土壤水分量を年ごとに集計したところ、現在気候ではほぼ未経験な規模の乾燥が強化・増加した。要因分析では連続乾燥化日数と総雨量の双方が土壤の乾燥化に大きく寄与すると共に、現在気候と同様の降水量条件であってもより強い乾燥度へと移行し得ることが示された。

**Key Words:** dryness hazard, forest fire, extreme event, land surface model, d4PDF

## 1. 序論

近年、世界各地で極端な少雨や熱波等による乾燥害・高温害が問題視されている。河川の渇水だけでなく、土壤水分量の低下による災害（以下、土壤渇水と呼ぶ）も林野火災や草原地帯の旱魃等に繋がり重大な自然災害と言える。林野火災を例に極端な土壤渇水事例を挙げると、2018 年に米国加州で生じた camp fire では焼損面積が 62,053ha に達し、林野火災による死者数で加州史上最多、経済損失では 2018 年の自然災害で世界最大となった<sup>1)</sup>。我が国でも冬季から少雨が続いた 2017 年には東北地方で林野火災が同時多発し、岩手県釜石市の事例では焼損面積が 413ha となり前年 2016 年における日本全域的林野火災焼損面積 384ha を超える規模となった<sup>2)</sup>。日本の火災事例は加州のような乾燥域と比較して小規模であるが、地域の気候・地形条件では通常起こらない規模の災害事例であり、想定外の被害に繋がるため気象の極端性を含めた発生原因の検討や気候変動影響評価が必要である。

そこで本研究では、極端な土壤乾燥に着目した気候変動影響予測を行うことを目的とする。乾燥地帯や全球を

対象に気候変動による土壤水分のばらつきの変化は議論されてきたが<sup>3,4)</sup>、近年では、計算機能力の向上により大規模アンサンブルに基づく極端現象に対する気候変動影響評価が実現するようになった。豪雨を対象にした研究や<sup>5,6)</sup>、河川の渇水が議論された研究があるが<sup>7)</sup>、土壤乾燥を対象とした事例は無く解析・検討が必要である。

また、乾燥害の要因は様々であるため、降水量の評価のみでは不十分である。土壤の表層の乾燥度には連続無降水のように降水の時系列も重要となる上、冬季に乾燥する地域では融雪期が早い場合に土壤が長期間乾燥に曝される<sup>8)</sup>。これらの様々な乾燥要因に対し、気候変動は異なった影響を及ぼすと考えられる。総雨量の変化は地域によって異なる傾向を示すが、大気温度の上昇によって降水の日数自体が減少するため、多くの地域で連続無降水は長期化すると考えられる<sup>9)</sup>。加えて、気温の上昇は融雪完了日を早期化し、土壤の乾燥期の長期化に繋がると考えられる。気象庁(2017)による算定では、東北地域では総雨量の減少と連続無降水の増加、融雪期の早期化が見込まれている<sup>9)</sup>。しかし、これらの見込みは平均的な気候場を予測したものであり、極端な土壤乾燥が増

加・強化するかについて、詳細な検討が必要である。

そこで本研究では、林野火災が多い三陸地方を対象に、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF: database for Policy Decision making for Future climate change)<sup>10)</sup>の大規模アンサンブル解析結果を入力条件とした陸面過程モデル解析により、総計 10000 年を超える規模の土壌水分量アンサンブル計算を行った。極端な土壌乾燥の将来変化を確認すると共に、土壌乾燥に繋がる気象要因として、雨量・連続乾燥化日数・乾燥期の将来予測を行った。ここで連続乾燥化日数とは、無降雨や少雨が続き連続的に乾燥化が進む日数、乾燥期は乾燥・湿潤傾向となる時期や日変化量を調べた。

## 2. 対象領域

我が国における林野火災は、三陸地方と瀬戸内地方の春季に多い傾向にある<sup>11)</sup>。その中で三陸地方は、現在積雪深が大きい、今後減少すると見込まれる地域であり、融雪完了日の早期化は春先の乾燥化に寄与するため、土壌が今後更に乾燥すると見込まれる地域と言える。そこで本研究では三陸地方を対象とし、地形・気象条件が異なる二地点を図-1 のように選定した。釜石(141.88N, 39.27E)は三陸海岸沿いに位置し、2017 年に大規模な林野火災が生じた地域である。三陸地方の中では比較的春季の降水量が多いが積雪深は小さい。一方で、積雪深が高い地点として北上高地内から遠野市北部(141.50N, 39.50E)を選定した。積雪融雪過程の変化等による土壌乾燥度の変化が確認できると期待される。表-1 に入力条件に用いる d4PDF メッシュにおける各地点の地形条件を示す。作成方法は後述する。

## 3. 解析手法

### (1) 気象データ

本研究で使用した d4PDF は大規模アンサンブル計算によるデータセットである。初期条件として CMIP5 から 6 種の海面水温将来変化の空間パターンが用意され、それぞれについて更に摂動を与えることで多数のアンサンブルが用意されている。全球モデルは約 60km 空間解像度で計算され、日本周辺域のみについては約 20km へ力学的にダウンスケールされている。日本周辺域でのアンサンブル数は、現在気候が 3000 年分、4 度上昇を想定した d4PDF に 5400 年分、2 度上昇を想定した d2PDF に 3240 年分が用意されており、本研究では全アンサンブルメンバーを使用した。陸面過程モデルでの解析に必要な、地表面上での降水量、気温、気圧、比湿、風速、下向き短波放射量、下向き長波放射量を用いた。

d4PDF データの現在気候値と現地観測 AMeDAS を比

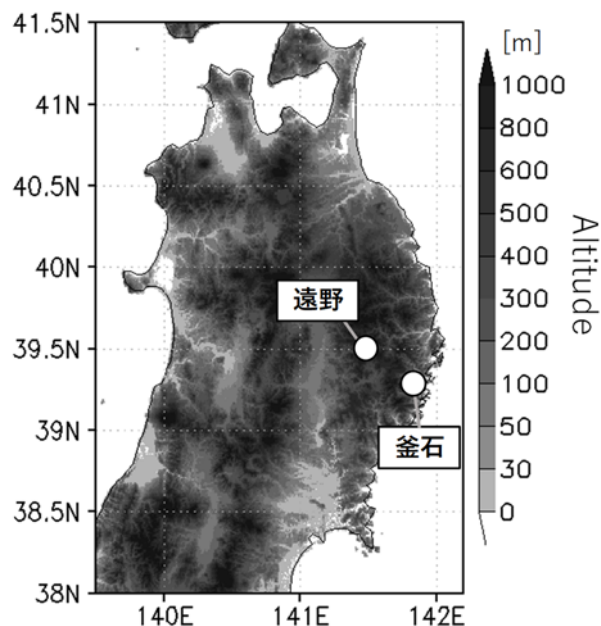


図-1 解析対象地点

表-1 解析対象地点の地形条件

地点	平均標高	土地被覆			土質		
		森林	草地	耕地等	粘土	シルト	砂質
釜石	278m	44.6%	53.3%	2.1%	17%	44%	39%
遠野	756m	92.8%	2.2%	5.0%	30%	34%	36%

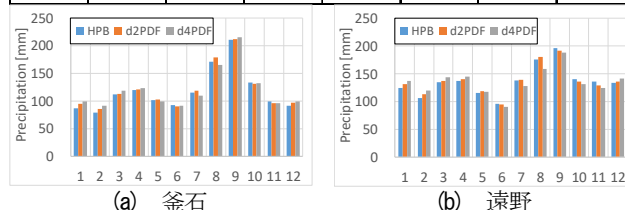


図-2 月降水量(HPB:現在気候,d2PDF:2℃上昇,d4PDF:4℃上昇)

較すると、平年値について d4PDF データは冬季の降水量が多く夏季の降水量が少ない傾向が見られた。そのためバイアス補正が必要とも考えられるが、本研究は極端な乾燥条件を対象とした d4PDF の現在・将来気候シナリオ間の比較が目的であり、加えて数十年規模の観測データから数千年の極値のバイアスを補正することは一般に困難であるため、今回はバイアス補正をしなかった。図-2に d4PDF の月降水量長期平均値を示す。気候変動による降水量の影響は冬季に増加し、春季から秋季は減少傾向である。冬季の降水量は遠野の方が多い傾向にある。

### (2) 陸面過程モデル

陸面過程モデルには、Simple Biosphere including Urban Canopoy (SiBUC)を使用した<sup>12)</sup>。SiBUCの緑地サブモデルでは、土層が3層で分けられ、第一層を一律に10cm、第二、三層は ECOCLIMAP-II データに基づいて決定した<sup>13)</sup>。また、本来 SiBUC の土地被覆条件には、森林や草原の10分類と、水体、都市、灌漑地が用意されているが、土壌水分は森林や草原のみが対象であるため、森林と草原の土壌水分のみを解析対象とした。土地被覆データは国土数値情報から作成し<sup>14)</sup>、GLCCを用いて森林

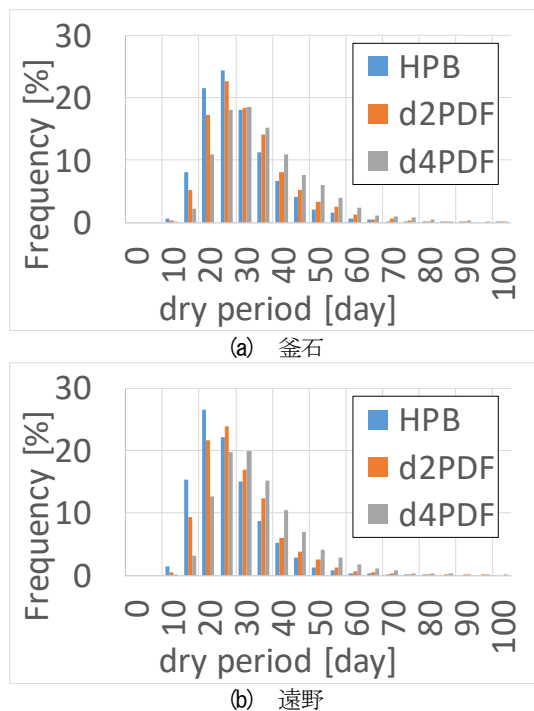


図-3 最長連続乾燥化日数のヒストグラム (1~6月)  
(HPB:現在気候,d2PDF:2℃上昇,d4PDF:4℃上昇)

を分類した<sup>15)</sup>。植生指数や土質条件には ECOCLIMAP-II データを用いた<sup>13)</sup>。

本研究は長期的な乾燥過程を対象とするため、深層からの水分供給や根層からの蒸散吸収等を物理的に考慮できる陸面過程モデルは有用と考えられる。本研究は乾燥害として林野火災を想定しているため、今後の最低土壌水分量に関する議論は全て燃焼過程に直接的に影響する第一層のみを示す。また、土壌の不飽和浸透は各層の飽和度から計算しており、体積含水率等に変換する場合には土質条件の精度が大きく影響するため、飽和度を用いて評価する。d4PDF 実験に用いられた気候モデルにも陸面過程モデルが組み込まれているが、今後バイアス補正や地表面条件等に関する追加的な解析を見越して SiBUC を用いた。釜石・遠野という特徴的な二地点の比較を目的とし、特定地点の水分量を高精度で再現することを目的としないことに加え、本モデルは日本の他地域で検証・適用された実績を有することから、当該地域の観測データに基づく土壌水分量の再現性は検証していない。

## 4. 結果及び考察

### (1) 乾燥要因の変化

まず、連続的な無降水・少雨の将来変化について確認する。一般に連続無降水日数とは、降水量の時系列のみから推定されるものであるが、本研究では土壌の乾燥状態の把握を目的としているため、乾燥傾向の解消に寄与しない少量の降水は除いた上で集計する必要がある。また、地表に積雪がある場合は地表の土壌は乾燥に曝され

ない。そこで今回は、「対象日を含む過去5日間における蒸発散量と降水量の各総和において蒸発散量の方が多く、かつ積雪深が無い連続的な日数」として連続乾燥化日数を定義した。春季の4~6月頃の晴天時の日蒸発散量が2~4mm程であったため、晴天が続いたとして概算すると5日間で10~20mm程度以上の降水がある場合に降水日となる。将来気候下では蒸発強度が増加し、降水量は蒸発散量を上回りにくくなるため、本定義による連続乾燥化日数は増加傾向となると考えられる。

推計された連続乾燥化日数について、春季の乾燥害に寄与する1~6月の年最長連続乾燥化日数を示したのが図-3である。図より、将来気候では連続乾燥化日数が長期化する傾向が見られ、現在気候下では20日前後にピークがある中で、4度上昇時にはより長い連続乾燥化日数へと移行していた。この理由は、降水日数の変化に加えて、消雪期の早期化と、気温上昇による蒸発強度の増加により蒸発散量を超える降水日が減少したことが考えられる。特に4度上昇時では、連続乾燥化日数が60日を超える極端な事例が大幅に増加していることが示された。融雪完了日の早期化に伴い土壌の乾燥期間が約1ヶ月長期化することから、乾燥害が生じる時期の変化や梅雨入り前の乾燥が強化される可能性がある。そのため、遠野では60日を超える極端な連続乾燥化日数について、将来気候での増加率が大きくなったものと考えられる。

次に乾燥期の変化を調べる。融雪期や雨季の時期が変化する場合には、土壌が乾燥に曝される期間が変化すると考えられる。乾燥期の変化として、本研究では土壌水分量のアンサンブル解析結果に基づき、各変化量 $\gamma_s$ が生起する割合を日ごとに計算した(図-4)。ここに、

$$\gamma_s = \theta_n - \theta_{n-1}$$

であり、対象日 $n$ に対する前日 $n-1$ からの飽和度 $\theta$ の増加量を示す。図-4中の各線は、日変化量 $\gamma_s$ が $\gamma_s = 0$ と $\gamma_s = -0.01$ を下回る割合を日ごとに示しており、各線の下側は設定値より強い乾燥傾向を持つ年の割合となる。この図は、アンサンブル数が少ない場合では降水日のランダム性によって極めてばらつきが大きい図となるが、今回は数千年分のアンサンブル計算に基づくため、土壌水分の乾燥・湿潤傾向が日ごとに安定して示された。

図を見ると、積雪期である冬季の遠野では現在気候と将来気候の差が大きいことが分かる。現在気候では、冬季の地表面がほぼ積雪で覆われるため $\gamma_s$ に年変化が少ない一方で、将来気候では積雪が無い場合もありばらつきが大きい。その結果、将来は冬季に土壌水分量が $\gamma_s = -0.01$ 以上の割合で強く乾燥化する年の割合が増加する一方で、湿潤化する年の割合も増えている。海岸域で標高が比較的低い釜石では、現在気候下でも積雪深が少ないために現在と将来気候間での違いは小さかった。

また、図-4は土壌水分の変化量を直接的に確認してい



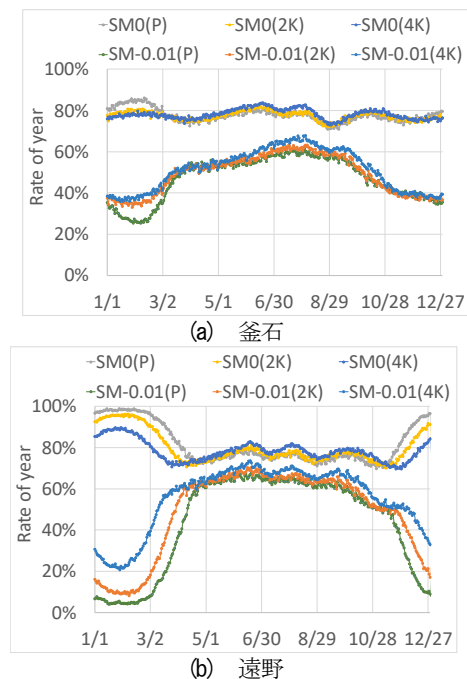


図4 土壌水分量変化率の将来変化

(SMOとSM-0.01は土壌水分量変化量が0, -0.01以下の割合, Pは現在気候, 2Kと4Kは2度, 4度上昇シナリオを表す)

るため、温度上昇に伴う蒸発散量の変化等も考慮できる。夏季の $\gamma_s$ をみると乾燥化する年の割合が僅かに増加していることが分かるが、冬季に比べて変化量は小さかった。

## (2) 最低土壌水分量の変化

まず気候シナリオごとに、林野火災が増加する1~6月における最低土壌水分量のヒストグラムをとったものが図-5である。ここで1~6月と限定した理由は、7月以降は大気湿度が増加し、同じ土壌乾燥でも6月以前と7月以降では乾燥害の起こりやすさが異なるためである。本研究では林野火災を想定し、その発生頻度の高い6月以前のみを対象とする。図-5より、現在気候と比較して将来気候下では極端に乾燥した年の割合が両地点で大幅に増加していることが分かる。 $\theta = 0.62$ を超えるような湿潤年の割合は著しく減少していることから、将来気候において土壌水分量は乾燥化し、加えて極端に土壌が乾燥する年の割合は増加し、現在気候においてほとんど生じていなかった規模まで乾燥度が強化していることが分かる。特に現在気候において積雪量が多い遠野では変化が大きく、低頻度・高強度の乾燥状態が大きく増加・強化していた。釜石においても、今まで経験のないほどの乾燥状態へと移行している。釜石と比べて遠野の方が乾燥傾向にある原因は、土地被覆の違いと考えられる。遠野ではほとんどのメッシュが森林域となっているため、深層からの蒸散が多くなった。釜石で現実火災が発生している地点は森林域になるため、森林域に限ってはより強い乾燥が生じている可能性がある。土地被覆ごとの極端な乾燥状態をそれぞれに精査する必要がある。

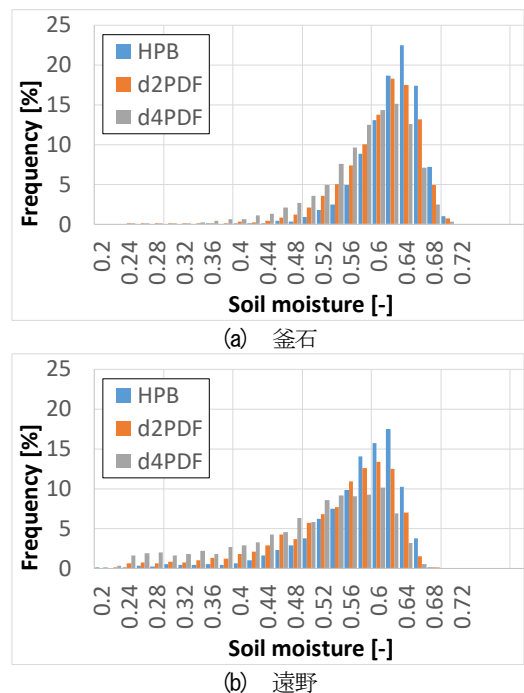


図5 最低土壌水分量のヒストグラム (1~6月最低値) (HPB:現在気候, d2PDF:2℃上昇, d4PDF:4℃上昇)

2度上昇シナリオの結果は、現在気候・4度上昇シナリオの結果のほぼ中間に位置しているが、極端な乾燥時には4度上昇シナリオとの違いが大きい傾向にあった。

## (3) 最低土壌水分量ごとの要因分類

本節では極端な土壌乾燥を生じさせる要因の分析を行う。1~5月の総降水量と連続乾燥化期間についての結果を気候シナリオごとに示したものが図-6である。図-6は、図-5に示した最低土壌水分量のヒストグラムと連動しており、図-5に示した年毎の最低土壌水分量ごとに乾燥要因を分類し発生確率を集計している。総降水量について1~5月とした理由は、図-5の最低土壌水分量が、ほぼ6月の梅雨入り前に記録されたためである。また、連続乾燥化日数は最低土壌水分量を記録した日を起点として逆算的に乾燥期間を計算したため、図-3に示した1~6月の最長連続乾燥化日数とは換算方法が異なる。両地点共に、各乾燥要因が土壌乾燥に強く寄与していることが分かる。

釜石では、最低土壌水分量が $\theta = 0.54$ 未満の乾燥年が増加することが図-5で示された。現在気候で $\theta = 0.54$ となる場合は、ほとんどが1~5月の総降水量が500mm未満となったが、将来気候においては500mm以上の降水がある場合でもより強い乾燥事例が増加していた。 $\theta = 0.48$ 未満は、現在気候ではほとんど未経験の乾燥度となるが、将来気候では半数が30日未満の連続乾燥化日数と500mm以上の降水量によって発生している。図-3より、30日以上連続乾燥化日数は気候変動で増加すると見込まれており、極端な乾燥害の危険性が増す可能性がある。釜石火災が生じた2017年の1~5月総降水

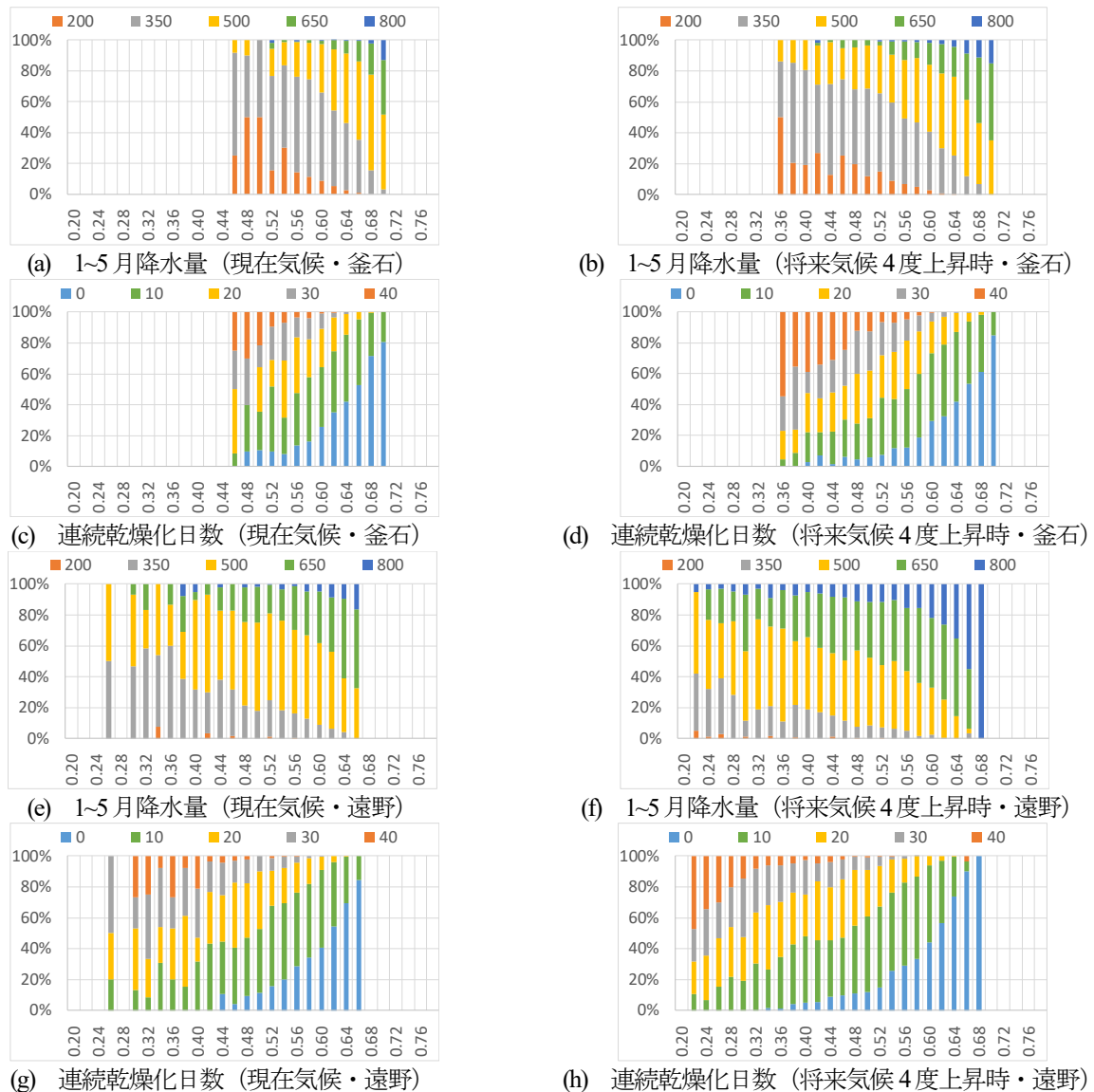


図-6 1~6 月土壌水分量最低値ごとの各乾燥要因割合 (凡例の表示値は各値幅の最低値)  
(土壌水分量最低値のサンプル数が 10 以上ある場合のみ表示)

量は 357mm である。図-6 中では 350mm 以下の場合のほとんどで現在・将来気候共に強い乾燥状態となっており、少雨が土壌乾燥の主因の一つだったことが示唆される。

遠野の場合は、 $\theta = 0.48$  未満から将来気候での事例数が増加する。その場合には釜石と同様に、現在気候では 8 割以上の場合において総降水量が 650mm 未満となっているが、将来気候では 650mm 未満でもより乾燥した事例を生じさせている。遠野の場合は、30 日以上連続乾燥化が生じる場合には、ほぼ  $\theta = 0.48$  未満の現在気候では経験が少ない乾燥状態となっている。

## 5. 結論

本研究では、三陸地方を対象として d4PDF を用いた大規模アンサンブルを入力条件とした陸面過程解析を行い、極端な土壌乾燥についての将来予測を行った。乾燥要因として、冬季降水量は将来気候下でも変化が見られ

なかったものの、連続乾燥化日数には降水日数の変化だけでなく蒸発強度の増加と融雪期の早期化が連続乾燥期間の長期化として寄与する可能性が示唆された。また、土壌水分量のアンサンブル計算結果を基に日変化量の生起割合を日ごとに求めた際には、積雪・融雪の変化が土壌水分量変化に大きな影響を持つ事が分かった。

最低土壌水分量を用いたヒストグラムを確認した場合には、先述の積雪の影響により、現在気候下で積雪深が高い遠野において極端な乾燥条件が増加・強化したことが示された。釜石においても同様の傾向が見られたが変化の幅は小さかった。要因分析として、月最低土壌水分量別に乾燥要因を割合で示した。その結果、検討した乾燥要因が土壌乾燥に強く寄与することや、降水量が同様でも将来では強い乾燥をもたらすため、今後極端な乾燥による危険性は増加することが示された。

今回は年最小土壌水分量のヒストグラムという形で極端な土壌乾燥を調べたが、今後は過去の乾燥害事例の再

現計算から土壌水分量値と災害を比較することで、火災危険が増加する土壌水分量値を推定し、その出現頻度を確認することも重要である。また、連続乾燥化日数を規定する際に平均化する日数に検討が必要である。また、今回は広域モデルである気候モデルを用いて特徴的な2地点の時系列について考察したが、他地域にも適用し様々な地域での極端な土壌の乾燥度解析が必要である。

**謝辞：**本研究（の一部）は、気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) Loew, P. The natural disasters of 2018 in figures. Munich Re. (<https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/the-natural-disasters-of-2018-in-figures.html>). (Accessed: May 2019).
- 2) 峠嘉哉, Grace Puyang Emang, 風間聡, 高橋幸男, 佐々木健介：2017年東北山林火災における岩手県釜石市・宮城県栗原市の被害概要. 自然災害科学, 36(4), 361-370, 2018.
- 3) Cayan, D. R., Das, T., Pierce, D. W., Barnett, T. P., Tyree, M., Gershunov, A.: Future dryness in the southwest US and the hydrology of the early 21st century drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(50), 21271-21276, 2010.
- 4) Meehl, G. A., Zwiers, F., Evans, J., Knutson, T., Mearns, L., Whetton, P.: Trends in extreme weather and climate events: issues related to modeling extremes in projections of future climate change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3), 427-436, 2000.
- 5) 星野剛, 山田朋人：大量アンサンブル気候予測データを用いた日本国内全一級水系を対象とした年最大流域平均降水量の分析. 土木学会論文集 B1 (水工学), 74.4, I\_187-I\_192, 2018.
- 6) 立川康人, 宮脇航平, 田中智大, 萬和明, 加藤雅也, 市川温, キムスンミン：超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析. 土木学会論文集 B1 (水工学), 73(3), 77-90, 2017.
- 7) 正木隆大・田中賢治・田中茂信：d4PDF(RCP8.5, SST アンサンブル)を用いた日本の将来の水文循環に及ぼす影響の不確実性評価, 京都大学防災研究所年報, 62B, (Submitted), 2019.
- 8) Westerling, A. L., Hidalgo, H. G., Cayan, D. R., Swetnam, T. W.: Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity. *science*, 313(5789), 940-943, 2006.
- 9) 気象庁：地球温暖化予測情報第9巻, 2017.
- 10) Mizuta, R., Murata, A., Ishii, M., Shiogama, H., Hibino, K., Mori, N., Arakawa, O., Imada, Y., Yoshida, K., Aoyagi, T., Kawase, H., Mori, M., Okada, Y., Shimura, T., Nagatomo, T., Ikeda, M., Endo, H., Nosaka, M., Arai, M., Takahashi, C., Tanaka, K., Takemi, T., Tachikawa, Y., Temur, K., Kamae, Y., Watanabe, M., Sasaki, H., Kitoh, A., Takayabu, I., Nakakita, E., & Kimoto, M.: Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(7), 1383-1398, 2017.
- 11) 鈴木寛, 吉武孝, 後藤義明：日本における森林気象害および林野火災の発生状況 (1954年度-2003年度). 森林総合研究所研究報告, 8.1, 71-100, 2009.
- 12) Tanaka K.: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model doctoral dissertation. Doctoral Dissertation, Graduate School of Engineering, Kyoto University, pp.239., 2004.
- 13) Faroux S., Tchuente A. T. K., Roujean J. L., Masson V., Martin E., Moigne P. L.: ECOCLIMAP-2/Europe: a two-fold database of ecosystems and surface parameters at 1-km resolution based on satellite information for use in land surface, meteorological and climate models,” *Geoscientific Model Development Discussions*, Vol:5, pp.3573-3620, 2013.
- 14) 国土交通省：国土数値情報（土地利用細分メッシュ）
- 15) USGS：GLCC version2 (<http://edc2.usgs.gov/glcc/>)

(Received May 31, 2019)

(Accepted August 7, 2019)

## EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON EXTREME SOIL DRYNESS IN SANRIKU REGION USING LAND SURFACE MODEL AND d4PDF DATASET Yoshiya TOUGE, Grace Puyang EMANG and So KAZAMA

It is necessary to assess the impact of climate change on extreme dryness hazard such as large-scale forest fires. In this study, climate change impacts on extreme soil dryness and its factors were analyzed by land surface model with huge ensemble provided by d4PDF as meteorological input in the Sanriku district which is prone to have many forest fires.

As a result, although the changes in winter precipitation was small, years with more than 60 days of consecutive without precipitation significantly increased when influence of low rainfall was removed. And daily change of soil moisture will be changed when snow depth changes in winter. When the minimum soil moisture was aggregated into histogram, extreme dryness which has never experienced will increase and be enhanced in the future. And factorial analysis shows that both continuous days without precipitation and total rainfall amount largely contribute to decreases of soil moisture, and that even with the same precipitation conditions as current climate, it can be shifted to stronger dryness.